

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Mikihiko ISHII et al.

Application No.: 10/802,840

Filed: March 18, 2004



Docket No.: 119132

For: METHOD AND APPARATUS FOR POINT DIFFRACTION INTERFEROMETRY

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2001-297902 filed on September 27, 2001

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

☒ is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

Mario A. Costantino
Registration No. 33,565

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

MAC:TJP/amo

Date: August 2, 2004

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

**DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION**

Please grant any extension
necessary for entry;
Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2001年 9月27日

出 願 番 号
Application Number: 特願2001-297902
[ST. 10/C]: [JP2001-297902]

願 人
Applicant(s): 株式会社ニコン

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 5月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 01NKP045

【提出日】 平成13年 9月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 9/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 石井 幹彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 塩澤 久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 川上 潤

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 福富 康志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 市原 裕

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100077919

【弁理士】

【氏名又は名称】 井上 義雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 047050

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 点回折型干渉計測方法、点回折型干渉計測装置、該方法を用いて製造された高精度投影レンズ、及び該高精度投影レンズを搭載した投影露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

点光源生成手段を用いて略理想的な球面波を形成する工程と、
前記球面波を被検物に経由させた光束を光路分割素子によって 2 つの光束へ分割する工程と、
前記分割した光束のうちの一方の光束を、ピンホールを通過させて略理想的な球面波である参照光へ変換する工程と、
前記分割した光束のうちの他方の光束である測定光と前記参照光とを干渉させて生ずる干渉縞を干渉縞検出部で検出する工程とを含むことを特徴とする点回折型干渉計測方法。

【請求項 2】

点光源生成手段を用いて略理想的な球面波を形成する工程と、
前記球面波からなる光束を被検物に経由させる前に、該光束を光路分割素子によって 2 つの光束へ分割する工程と、
前記分割した光束のうちの一方の光束を、ピンホールを通過させて略理想的な球面波である参照光へ変換する工程と、
前記分割した光束のうちの他方の光束のみを、前記被検物を経由させることによって測定光とする工程と、
前記参照光と前記測定光とを干渉させて生ずる干渉縞を干渉縞検出部で検出する工程とを含むことを特徴とする点回折型干渉計測方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の点回折型干渉計測方法において、
前記点光源生成手段は、光源と光源用ピンホールとを有し、
前記光源から前記光源用ピンホールまでの光路内に設けられている光路長差補正部により、前記光源から前記干渉縞検出部までの参照光の光路長と前記光源か

ら前記干渉縞検出部までの測定光の光路長との差を、前記光源からの光の可干渉距離以内となるように補正する工程を含むことを特徴とする点回折型干渉計測方法。

【請求項 4】

点光源生成手段を用いて略理想的な球面波である光源球面波を形成する工程と

、
前記光源球面波からなる光源光束を被検物に経由させた後、前記被検物を経由した光束を第 1 光路分割素子によって 2 つの光束へ分割し、前記第 1 光路分割素子によって分割された光束のうちの一方の光束を、第 1 ピンホールを通過させて略理想的な球面波である第 1 参照光へ変換し、第 1 光路分割素子によって分割された光束のうちの他方の光束である第 1 測定光と前記第 1 参照光とを干渉させて生じる第 1 の干渉縞を検出する第 1 の計測と、前記光源光束を前記被検物に経由させる前に、前記光源光束を第 2 光路分割素子によって 2 つの光束へ分割し、前記第 2 光路分割素子によって分割された光束のうちの一方の光束を、第 2 ピンホールを通過させて略理想的な球面波である第 2 参照光へ変換し、前記第 2 光路分割素子によって分割された光束のうちの他方の光束のみを前記被検物を経由させることによって第 2 測定光とし、前記第 2 参照光と前記第 2 測定光とを干渉させて生じる第 2 の干渉縞を検出する第 2 の計測とを切り換える工程と、

前記第 2 の干渉縞の情報を、前記第 1 の計測のために、第 1 光路分割素子によって分割された光束のうち前記第 1 参照光とするための光束を前記第 1 ピンホールに入射させる際のアライメントに用いる工程とを含むことを特徴とする点回折干渉計測方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の点回折干渉計測方法において、

前記第 1 ピンホールと前記第 2 ピンホールとは、共通のピンホールによって兼用されることを特徴とする点回折干渉計測方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の点回折型干渉計測方法において、

前記光路分割素子、前記第 1 光路分割素子、前記第 2 光路分割素子、及び前記

光路長差補正部は、偏光ビームスプリッタを有することを特徴とする点回折型干渉計測方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の点回折型干渉計測方法において、
前記干渉縞検出部の検出面において、

前記参照光の光量と前記測定光の光量とが略等しくなるように、前記参照光の光量と前記測定光の光量との少なくとも一方を調整する光量調整工程を含むこと

又は、

前記第 1 参照光の光量と前記第 1 測定光の光量とが略等しくなるように、前記第 1 参照光の光量と前記第 1 測定光の光量との少なくとも一方を調整し、前記第 2 参照光の光量と前記第 2 測定光の光量とが略等しくなるように、前記第 2 参照光の光量と前記第 2 測定光の光量との少なくとも一方を調整する光量調整工程を含むこと、

を特徴とする点回折型干渉計測方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の点回折型干渉計測方法において、

前記光量調整工程は、

前記ピンホールを通過した参照光と前記測定光との少なくとも一方の光量に基づいて、前記光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置された 1 / 2 波長板を回転させる工程であること、

又は、前記光量調整工程は、

前記第 1 ピンホールを通過した第 1 参照光と前記第 1 測定光との少なくとも一方の光量に基づいて、前記第 1 光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置された第 1 の 1 / 2 波長板を回転させ、前記第 2 ピンホールを通過した第 2 参照光と前記第 2 測定光との少なくとも一方の光量に基づいて、前記第 2 光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置された第 2 の 1 / 2 波長板を回転させる工程であること、

を特徴とする点回折型干渉計測方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の点回折型干渉計測方法において、

前記光量調整工程は、

前記ピンホールを通過した前記参照光の光量を、前記ピンホールよりも前記干渉縞検出部側で測定する参照光光量測定工程と、前記測定光の光量を前記光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側で測定する測定光光量測定工程との少なくとも一方の測定工程と、前記参照光光量測定工程と前記測定光光量測定工程との少なくとも一方の結果に基づいて、前記 1 / 2 波長板を回転させる波長板調整工程とを含むこと、

又は、前記光量調整工程は、

前記第 1 ピンホールを通過した前記第 1 参照光の光量を、前記第 1 ピンホールよりも前記干渉縞検出部側で測定する第 1 参照光光量測定工程と、前記第 1 測定光の光量を前記第 1 光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側で測定する第 1 測定光光量測定工程との少なくとも一方の測定工程と、前記第 1 参照光光量測定工程と前記第 1 測定光光量測定工程との少なくとも一方の結果に基づいて、前記第 1 の 1 / 2 波長板を回転させる第 1 の波長板調整工程と、

前記第 2 ピンホールを通過した前記第 2 参照光の光量を、前記第 2 ピンホールよりも前記干渉縞検出部側で測定する第 2 参照光光量測定工程と、前記第 2 測定光の光量を前記第 2 光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側で測定する第 2 測定光光量測定工程との少なくとも一方の測定工程と、前記第 2 参照光光量測定工程と前記第 2 測定光光量測定工程との少なくとも一方の結果に基づいて、前記第 2 の 1 / 2 波長板を回転させる第 2 波長板調整工程とを含むこと、
を特徴とする点回折型干渉計測方法。

【請求項 10】

球面波を生成する点光源生成手段と、

前記点光源生成手段から射出された光を被検物に經由させ、前記被検物を經由させた光を測定光と参照光とに分割する光路分割素子と、

前記参照光を略理想的な球面波に変換するピンホールと、

前記測定光と前記ピンホールからの参照光とを干渉させて生じた干渉縞を検出

する干渉縞検出部とを有することを特徴とする点回折型干渉計測装置。

【請求項 11】

球面波を生成する点光源生成手段と、

前記点光源生成手段から射出された光を、参照光と、被検物へ向かう測定光とに分割する光路分割素子と、

前記参照光を略理想的な球面波に変換するピンホールと、

前記被検物からの測定光と前記ピンホールからの参照光とを干渉させて生じた干渉縞を検出する干渉縞検出部とを有することを特徴とする点回折型干渉計測装置。

【請求項 12】

請求項 10 又は請求項 11 に記載の点回折型干渉計測装置において、

前記干渉縞検出部の検出面において、前記ピンホールを通過した参照光の光量と前記測定光の光量とが略等しくなるように、前記参照光の光量と前記測定光の光量との少なくとも一方を調整する光量調整部を有することを特徴とする点回折型干渉計測装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の点回折型干渉計測装置において、

前記光量調整部は、前記光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置された $1/2$ 波長板と、

前記ピンホールを通過した参照光と前記測定光との少なくとも一方の光量に基づいて、前記 $1/2$ 波長板を回転させる回転機構とを有することを特徴とする点回折型干渉計測装置。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の点回折型干渉計測装置において、

前記参照光の光量を測定する参照光光量測定部は、前記ピンホールよりも前記干渉縞検出部側に配置され、

前記測定光の光量を測定する測定光光量測定部は、前記光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側に配置されることを特徴とする点回折型干渉計測装置。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の点回折型干渉計測方法を用いて製造されたことを特徴とする高精度投影レンズ。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の高精度投影レンズを搭載したことを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、点回折型干渉計測 (Point Diffraction Interferometry) を利用した点回折型干渉計測方法、点回折型干渉計測装置、該方法を用いて製造された高精度投影レンズ、及び該高精度投影レンズを搭載した投影露光装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体素子を製造するために、半導体製造装置が用いられている。例えば、代表的な半導体製造装置として、縮小投影型逐次露光装置 (以下「ステッパー」という) が挙げられる。ステッパーは高精度な投影レンズを備えている。そして、この高精度投影レンズの精度を保証するために、実際の露光波長領域において、投影レンズ全体、及び投影レンズを構成する個々の光学素子の透過波面収差、又は反射波面収差を測定する必要がある。このため、露光波長領域と同一、又は露光波長領域にほぼ等しい波長の光を発する可干渉性の高い光源を用いた種々の干渉計が提案されている。

【0 0 0 3】

また近年、半導体素子の高集積化が進んでいる。この高集積化に対応するために、ステッパーの露光波長は短波長化している。例えば、光源として高圧水銀ランプを用いた g 線 ($\lambda = 436 \text{ nm}$) から i 線 ($\lambda = 365 \text{ nm}$) へ短波長化している。さらには、KrF エキシマレーザ ($\lambda = 248 \text{ nm}$) から ArF エキシマレーザ ($\lambda = 193 \text{ nm}$) へと短波長化している。この結果、露光波長付近の発振波長を持つ可干渉性の高い光源の入手は非常に困難となってきた。そのため、可干渉性の比較的低い光源でも高精度な干渉計測を行うことができる点回

折型干渉計測を用いた点回折型干渉計測装置が提案されている。

【0004】

以下、従来の点回折型干渉計測装置を添付図面に基づいて説明する。図8は、従来の点回折型干渉計測装置の概略構成図である。図8において、光源1から射出された光束はピンホール2を照明する。該ピンホール2を射出した光は、ほぼ理想的な球面波と見なすことができる。ピンホール2を射出した球面波は、光源1側から順に、コリメータレンズ3と、折り曲げミラー4と、ビームスプリッタ5と、折り曲げミラー6と、折り曲げミラー7と、集光レンズ8とを経由する。そして、集光レンズ8を射出した光は被検物9を透過し、折り返しミラー10によって反射される。

【0005】

この反射された光は、折り返しミラー10側から順に、再び被検物9と、集光レンズ8と、折り曲げミラー7と、折り曲げミラー6とを経由する。そして、ビームスプリッタ5によって集光レンズ11に向かって反射される。このビームスプリッタ5によって反射された光は、集光レンズ11を経由した後、回折格子12に入射する。

【0006】

回折格子12に入射した光は、該回折格子12によって0次光と、+1次光と、及びそれ以外の次数の回折光とに回折される。0次光は、参照光を生成するためのピンホール13aへ入射する。ピンホール13aを射出した光は、ほぼ理想的な球面波とみなすことができるためこれが参照光となる。+1次光は、測定光を通過させるためのウィンドウ13bへ入射する。そして、ピンホール13aを射出した参照光と、ウィンドウ13bを射出した測定光とは、コリメータレンズ14を経由して、干渉縞検出部15に入射する。干渉縞検出部15では、参照光と測定光とによって形成される干渉縞を観察することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上述の従来の点回折型干渉計測装置においては、光束を分離するために回折格子を用いている。このため、0、+1次光以外の次数の回折光がピンホール13

a やウィンドウ 13 b に入射してノイズ光となるという問題がある。

【0008】

また、ピンホール 13 a に入射する 0 次のスポット光とウィンドウ 13 b に入射する +1 次のスポット光がそれぞれ収差によって広がる。このため、スポット光同士の分離が難しくなり、互いにノイズ光となるという問題がある。

【0009】

また、上述のようにピンホールに入射する光束は、該ピンホールを通過することによってほぼ理想的な球面波に変換される。ここで、ピンホールに入射する光束の収差によって、発生する球面波の光量が異なる。尚、ピンホールに入射する光束の光量は、回折格子の設計によって決まる。ピンホールに入射する光束の収差が小さく集光性が良い場合、ピンホールを通過する光の光量が大きいため、参照光（発生する球面波）の光量は大きくなる。一方、ピンホールに入射する光束の収差が大きく集光性が悪い場合、ピンホールを通過する光の光量が小さいため、参照光（発生する球面波）の光量は小さくなる。このため、参照光の光量と測定光の光量とに差が生じて、干渉縞のコントラストが低下してしまうという問題がある。

【0010】

さらに、被検物を別の被検物に替えて計測する度に、被検物のアライメントを行う必要がある。尚被検物は、発生する収差量が異なる種々多様な光学部材である。従って、このような被検物を透過した光束を、3次元的にアライメントして微小なピンホールへ精度良く導く必要がある。しかし、この3次元的なアライメントを短時間で精度良く行うことは非常に困難であるという問題がある。

【0011】

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、光束を被検物の光学特性を計測する計測方法に用いられる参照光と測定光とに分離する際に生じるノイズ光を低減した点回折型干渉計測方法、点回折型干渉計測装置、該方法を用いて製造された高精度投影レンズ、及び該高精度投影レンズを搭載した投影露光装置を提供することを目的とする。

【0012】

また本発明は、被検物を經由した参照光のアライメントを短時間で精度良く行うことができる点回折型干渉計測方法、点回折型干渉計測装置、該方法を用いて製造された高精度投影レンズ、及び該高精度投影レンズを搭載した投影露光装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために請求項1に記載の発明は、
点光源生成手段を用いて略理想的な球面波を形成する工程と、
前記球面波を被検物に經由させた光束を光路分割素子によって2つの光束へ分割する工程と、

前記分割した光束のうちの一方の光束を、ピンホールを通過させて略理想的な球面波である参照光へ変換する工程と、

前記分割した光束のうちの他方の光束である測定光と前記参照光とを干渉させて生ずる干渉縞を干渉縞検出部で検出する工程とを含むことを特徴とする点回折型干渉計測方法を提供する。

【0014】

また、請求項2に記載の発明は、
点光源生成手段を用いて略理想的な球面波を形成する工程と、
前記球面波からなる光束を被検物に經由させる前に、該光束を光路分割素子によって2つの光束へ分割する工程と、

前記分割した光束のうちの一方の光束を、ピンホールを通過させて略理想的な球面波である参照光へ変換する工程と、

前記分割した光束のうちの他方の光束のみを、前記被検物を經由させることによって測定光とする工程と、

前記参照光と前記測定光とを干渉させて生ずる干渉縞を干渉縞検出部で検出する工程とを含むことを特徴とする点回折型干渉計測方法を提供する。

【0015】

また請求項3に記載の点回折型干渉計測方法は、
請求項2に記載の点回折型干渉計測方法において、

前記点光源生成手段は、光源と光源用ピンホールとを有し、

前記光源から前記光源用ピンホールまでの光路内に設けられている光路長差補正部により、前記光源から前記干渉縞検出部までの参照光の光路長と前記光源から前記干渉縞検出部までの測定光の光路長との差を、前記光源からの光の可干渉距離以内となるように補正する工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また請求項 4 に記載の発明は、

点光源生成手段を用いて略理想的な球面波である光源球面波を形成する工程と

前記光源球面波からなる光源光束を被検物に経由させた後、前記被検物を経由した光束を第 1 光路分割素子によって 2 つの光束へ分割し、前記第 1 光路分割素子によって分割された光束のうちの一方の光束を、第 1 ピンホールを通過させて略理想的な球面波である第 1 参照光へ変換し、第 1 光路分割素子によって分割された光束のうちの他方の光束である第 1 測定光と前記第 1 参照光とを干渉させて生じる第 1 の干渉縞を検出する第 1 の計測と、前記光源光束を前記被検物に経由させる前に、前記光源光束を第 2 光路分割素子によって 2 つの光束へ分割し、前記第 2 光路分割素子によって分割された光束のうちの一方の光束を、第 2 ピンホールを通過させて略理想的な球面波である第 2 参照光へ変換し、前記第 2 光路分割素子によって分割された光束のうちの他方の光束のみを前記被検物を経由させることによって第 2 測定光とし、前記第 2 参照光と前記第 2 測定光とを干渉させて生じる第 2 の干渉縞を検出する第 2 の計測とを切り換える工程と、

前記第 2 の干渉縞の情報を、前記第 1 の計測のために、第 1 光路分割素子によって分割された光束のうち前記第 1 参照光とするための光束を前記第 1 ピンホールに入射させる際のアライメントに用いる工程とを含むことを特徴とする点回折型干渉計測方法を提供する。

【 0 0 1 7 】

また請求項 5 に記載の点回折型干渉計測方法は、

請求項 4 に記載の点回折干渉計測方法において、

前記第 1 ピンホールと前記第 2 ピンホールとは、共通のピンホールによって兼

用されることを特徴とする。

【0018】

また請求項 6 に記載の点回折型干渉計測方法は、
請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の点回折型干渉計測方法において、
前記光路分割素子、前記第 1 光路分割素子、前記第 2 光路分割素子、及び前記
光路長差補正部は、偏光ビームスプリッタを有することを特徴とする。

【0019】

また請求項 7 に記載の点回折型干渉計測方法は、
請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の点回折型干渉計測方法において、
前記干渉縞検出部の検出面において、
前記参照光の光量と前記測定光の光量とが略等しくなるように、前記参照光の
光量と前記測定光の光量との少なくとも一方を調整する光量調整工程を含むこと

又は、

前記第 1 参照光の光量と前記第 1 測定光の光量とが略等しくなるように、前記
第 1 参照光の光量と前記第 1 測定光の光量との少なくとも一方を調整し、前記第
2 参照光の光量と前記第 2 測定光の光量とが略等しくなるように、前記第 2 参照
光の光量と前記第 2 測定光の光量との少なくとも一方を調整する光量調整工程を
含むこと、
を特徴とする。

【0020】

また請求項 8 に記載の点回折型干渉計測方法は、
請求項 7 に記載の点回折型干渉計測方法において、
前記光量調整工程は、
前記ピンホールを通過した参照光と前記測定光との少なくとも一方の光量に基
づいて、前記光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置された 1 / 2 波長
板を回転させる工程であること、

又は、前記光量調整工程は、

前記第 1 ピンホールを通過した第 1 参照光と前記第 1 測定光との少なくとも一

方の光量に基づいて、前記第 1 光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置された第 1 の 1 / 2 波長板を回転させ、前記第 2 ピンホールを通過した第 2 参照光と前記第 2 測定光との少なくとも一方の光量に基づいて、前記第 2 光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置された第 2 の 1 / 2 波長板を回転させる工程であること、
を特徴とする。

【 0 0 2 1 】

また請求項 9 に記載の点回折型干渉計測方法は、
請求項 8 に記載の点回折型干渉計測方法において、
前記光量調整工程は、

前記ピンホールを通過した前記参照光の光量を、前記ピンホールよりも前記干渉縞検出部側で測定する参照光光量測定工程と、前記測定光の光量を前記光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側で測定する測定光光量測定工程との少なくとも一方の測定工程と、前記参照光光量測定工程と前記測定光光量測定工程との少なくとも一方の結果に基づいて、前記 1 / 2 波長板を回転させる波長板調整工程とを含むこと、

又は、前記光量調整工程は、

前記第 1 ピンホールを通過した前記第 1 参照光の光量を、前記第 1 ピンホールよりも前記干渉縞検出部側で測定する第 1 参照光光量測定工程と、前記第 1 測定光の光量を前記第 1 光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側で測定する第 1 測定光光量測定工程との少なくとも一方の測定工程と、前記第 1 参照光光量測定工程と前記第 1 測定光光量測定工程との少なくとも一方の結果に基づいて、前記第 1 の 1 / 2 波長板を回転させる第 1 の波長板調整工程と、

前記第 2 ピンホールを通過した前記第 2 参照光の光量を、前記第 2 ピンホールよりも前記干渉縞検出部側で測定する第 2 参照光光量測定工程と、前記第 2 測定光の光量を前記第 2 光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側で測定する第 2 測定光光量測定工程との少なくとも一方の測定工程と、前記第 2 参照光光量測定工程と前記第 2 測定光光量測定工程との少なくとも一方の結果に基づいて、前記第 2 の 1 / 2 波長板を回転させる第 2 波長板調整工程とを含むこと、

を特徴とする。

【0 0 2 2】

また請求項 1 0 に記載の発明は、
球面波を生成する点光源生成手段と、
前記点光源生成手段から射出された光を被検物に經由させ、前記被検物を經由させた光を測定光と参照光とに分割する光路分割素子と、
前記参照光を略理想的な球面波に変換するピンホールと、
前記測定光と前記ピンホールからの参照光とを干渉させて生じた干渉縞を検出する干渉縞検出部とを有することを特徴とする点回折型干渉計測装置を提供する。

【0 0 2 3】

また請求項 1 1 に記載の発明は、
球面波を生成する点光源生成手段と、
前記点光源生成手段から射出された光を、参照光と、被検物へ向かう測定光とに分割する光路分割素子と、
前記参照光を略理想的な球面波に変換するピンホールと、
前記被検物からの測定光と前記ピンホールからの参照光とを干渉させて生じた干渉縞を検出する干渉縞検出部とを有することを特徴とする点回折型干渉計測装置を提供する。

【0 0 2 4】

また請求項 1 2 に記載の点回折型干渉計測装置は、
請求項 1 0 又は請求項 1 1 に記載の点回折型干渉計測装置において、
前記干渉縞検出部の検出面において、前記ピンホールを通過した参照光の光量と前記測定光の光量とが略等しくなるように、前記参照光の光量と前記測定光の光量との少なくとも一方を調整する光量調整部を有することを特徴とする。

【0 0 2 5】

また請求項 1 3 に記載の点回折型干渉計測装置は、
請求項 1 2 に記載の点回折型干渉計測装置において、
前記光量調整部は、前記光路分割素子よりも前記点光源生成手段側に配置され

た 1/2 波長板と、

前記ピンホールを通過した参照光と前記測定光との少なくとも一方の光量に基づいて、前記 1/2 波長板を回転させる回転機構とを有することを特徴とする。

【0026】

また請求項 14 に記載の点回折型干渉計測装置は、

請求項 13 に記載の点回折型干渉計測装置において、

前記参照光の光量を測定する参照光光量測定部は、前記ピンホールよりも前記干渉縞検出部側に配置され、

前記測定光の光量を測定する測定光光量測定部は、前記光路分割素子よりも前記干渉縞検出部側に配置されることを特徴とする。

【0027】

また請求項 15 に記載の高精度投影レンズは、

請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の点回折型干渉計測方法を用いて製造されたことを特徴とする。

【0028】

また請求項 16 に記載の投射型表示装置は、

請求項 15 に記載の高精度投影レンズを搭載したことを特徴とする。

【0029】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の各実施形態に係る点回折型干渉計測装置を添付図面に基づいて説明する。

【0030】

（第 1 実施形態）

図 1 は本発明の第 1 実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。図 1 において、光源 101 から射出された光束（紫外光）は、光源用ピンホール 102 を照明する。ここで、該光源用ピンホール 102 を射出した光は、ほぼ理想的な球面波と見なすことができる。そして光源用ピンホール 102 を射出した球面波は、光源 101 側から順に、コリメータレンズ 103 と、折り曲げミラー 104 と、ハーフミラー 105 と、折り曲げミラー 106 と、折り曲げミラー

107と、集光レンズ108とを經由する。そして、集光レンズ108を射出した光は被検物109を透過し、折り返し反射ミラー110によって反射される。この反射された光束は、折り返し反射ミラー110側から順に、再び被検物109と、集光レンズ108と、折り曲げミラー107と、折り曲げミラー106とを經由する。そして、折り曲げミラー106を經由した光は、ハーフミラー105によってハーフミラー121に向かって反射される。

【0031】

このハーフミラー121に入射した光は、該ハーフミラー121によって2つの光束に分割される。分割された光束のうちの一方の光束は、集光レンズ122と、開口絞り123と、コリメータレンズ124と、折り曲げミラー125とを經由した後、ハーフミラー126へ入射する。また、分割された光束のうちの他方の光束は、折り曲げミラー127と、集光レンズ128とを經由した後、参照光用ピンホール129へ入射する。参照光用ピンホール129を射出した光は、ほぼ理想的な球面波と見なすことができるためこれが参照光となる。そしてこの参照光は、コリメータレンズ130を經由した後、ハーフミラー126へ入射する。尚、この分割された2つの光路は、2つのハーフミラー121、126と、2つの折り曲げミラー125、127とからなるマッハツェンダー型の分岐光路をなす。

【0032】

ハーフミラー126へ入射した2つの光束は、該ハーフミラー126によって重ね合わされる。そしてこの重ね合わされた光は、干渉縞検出部115へ入射し、該干渉縞検出部115上に干渉縞を形成する。干渉縞検出部115では、干渉縞の位相差に基づいて被検物109の透過波面収差が算出される。

【0033】

以上のように本実施形態に係る点回折型干渉計測装置では、測定光と参照光との分離をハーフミラーによって行っている。これにより、上述のように従来回折格子による分離によって生じていたノイズ光の発生を防ぐことができる。

【0034】

(第2実施形態)

図2は本発明の第2実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。図2において、光源101から射出された光束（紫外光）は、光源用ピンホール102を照明する。ここで、該光源用ピンホール102を射出した光は、ほぼ理想的な球面波と見なすことができる。そして光源用ピンホール102を射出した球面波は、コリメータレンズ103と折り曲げミラー104とを経由した後、ハーフミラー105へ入射する。このハーフミラー105に入射した光は、該ハーフミラー105によって2つの光束に分割される。分割された光束のうちの一方の光束は、光源101側から順に、折り曲げミラー106と、折り曲げミラー107と、集光レンズ108とを経由する。そして、集光レンズ108を射出した光は被検物109を透過し、折り返し反射ミラー110によって反射される。この反射された光束は、折り返し反射ミラー110側から順に、再び被検物109と、集光レンズ108と、折り曲げミラー107と、折り曲げミラー106とを経由する。そして、折り曲げミラー106を経由した光は、ハーフミラー105によって集光レンズ122に向かって反射される。ハーフミラー105で反射された光は、集光レンズ122と、開口絞り123と、コリメータレンズ124と、折り曲げミラー125とを経由する。そして、折り曲げミラー125を経由した光は、ハーフミラー126へ入射する。

【0035】

ハーフミラー105によって分割された光束のうちの他方の光束は、折り曲げミラー131と、折り曲げミラー132と、集光レンズ128とを経由した後、参照光用ピンホール129へ入射する。該参照光用ピンホール129を射出した光は、ほぼ理想的な球面波と見なすことができるためこれが参照光となる。そしてこの参照光は、コリメータレンズ130を経由した後、ハーフミラー126へ入射する。尚、本実施形態においても分割された2つの光路は、マッハツェンダ一型の分岐光路をなす。

【0036】

ハーフミラー126へ入射した2つの光束は、該ハーフミラー126によって重ね合わされる。そしてこの重ね合わされた光は、干渉縞検出部115へ入射し、該干渉縞検出部115上に干渉縞を形成する。干渉縞検出部115では、干渉

縞の位相差に基づいて被検物の透過波面収差が算出される。

【0037】

以上のように本実施形態に係る点回折型干渉計測装置では、上記第1実施形態が奏する効果と同様に、ノイズ光の発生を防ぐことができる。さらに本実施形態に係る点回折型干渉計測装置では、上述のように光源101からの光はハーフミラー105によって参照光用の光束と測定光用の光束とに分岐される。この参照光用の光束は、被検物109を経由せずに参照光用ピンホール129を通過して参照光となる。従ってこの参照光用の光束は、被検物109によらずに参照光用ピンホール129に精度良く入射させておくことができる。また、参照光は常に干渉縞検出部115に入射しているため、被検物109を挿入すれば必ず何らかの干渉縞を観察することができる。従って、計測に最適な干渉縞にするためのアライメント調整が容易となる。

【0038】

(第3実施形態)

図3は本発明の第3実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。尚、上記第2実施形態と同様の構成である部分には同じ符号を付して重複する説明を省略し、特徴的な部分について詳細に説明する。

【0039】

上記第2実施形態において、被検物109を経由しない参照光用の光束の光路長は、被検物109を経由する測定光用の光束の光路長よりも短い。本実施形態に係る点回折型干渉計測装置は、この光路長差を光源光の可干渉距離以内に補正するため、光源101と光源用ピンホール102との間に光路長差補正部Hを備える構成としている。光路長差補正部Hは、ハーフミラー141、144と折り曲げミラー142、143とから構成される。そして、光路長差補正部Hは光源用ピンホール102よりも光源側に配置されているため、折り曲げミラー142、143の傾き等により光束に変動等が生じた場合、光源用ピンホール102によってそれらの変動等を除去することができる。さらに、光路長差補正部Hは被検物109に合わせて該光路長差補正部H内の光路長を調整することが可能である。この構成により、各被検物によって参照光用の光束と測定光用の光束との光

路長差が異なる場合でも、該光路長差を補正することが可能となる。

【0040】

光源101からの光は、ハーフミラー141によって参照光用の光束と測定光用の光束とに分離される。ハーフミラー141によって分離された測定光用の光束は、ハーフミラー144に入射する。そして参照光用の光束は、折り曲げミラー142と、折り曲げミラー143とを経由してハーフミラー144に入射する。従って、参照光用の光束は折り曲げミラー142、143を経由する分だけ光路長を長くできる。これにより、参照光用の光束と測定光用の光束との光路長差を可干渉距離以内に補正している。

【0041】

以上のように本実施形態に係る点回折型干渉計測装置では、上記第2実施形態が奏する効果に加えて、参照光用の光束と測定光用の光束との光路長差を可干渉距離以内に補正することができる。

【0042】

(第4実施形態)

図4は本発明の第4実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。図4において、光源101から出射された紫外光の光束は、1/2波長板161を透過し、光源用ピンホール102を照明する。該光源用ピンホール102を通過した光は、光源101側から順に、コリメータレンズ103と、折り曲げミラー104と、偏光ビームスプリッタ164と、折り曲げミラー106と、折り曲げミラー107とを経由した後、1/4波長板165に入射する。ここで、この光は1/4波長板165を透過することによって円偏光に変換される。1/4波長板165を出射した円偏光は、集光レンズ108と、被検物109を経由し、折り返し反射ミラー110によって反射される。この反射された光は、再び被検物109と、集光レンズ108とを経由した後、1/4波長板165へ入射する。ここで、この光束は1/4波長板165によって偏光方向が90度回転した直線偏光に変換される。1/4波長板165を出射した直線偏光は、折り曲げミラー107と、折り曲げミラー106とを経由して偏光ビームスプリッタ164へ入射する。この直線偏光は偏光ビームスプリッタ164によって反射され、1

／2 波長板 166 を透過して偏光ビームスプリッタ 167 へ入射する。尚、この光束は 1／2 波長板 166 によって偏光の方位が回転される。そして偏光ビームスプリッタ 167 へ入射した光束のうちの P 偏光、S 偏光は、当該偏光ビームスプリッタ 167 によってそれぞれ透過、反射されて 2 つの光路に分割される。

【0043】

偏光ビームスプリッタ 167 を透過した P 偏光の光束は、集光レンズ 122 と、開口絞り 123 と、コリメータレンズ 124 と、ビームスプリッタ 182 とを経由した後、偏光ビームスプリッタ 168 へ入射する。ここで、この偏光ビームスプリッタ 168 に入射した P 偏光が測定光である。

【0044】

一方、偏光ビームスプリッタ 167 によって反射された S 偏光は、折り曲げミラー 127 と、集光レンズ 128 とを経由した後、参照光用ピンホール 129 へ入射する。該参照光用ピンホール 129 を出射した光は、ほぼ理想的な球面波と見なすことができるためこれが参照光となる。そしてこの参照光は、コリメータレンズ 130 と、ビームスプリッタ 181 とを経由した後、偏光ビームスプリッタ 168 へ入射する。尚、この分割された 2 つの光路は、マッハツェンダー型の分岐光路をなす。

【0045】

偏光ビームスプリッタ 168 に入射した 2 つの光束は、該偏光ビームスプリッタ 168 によって重ね合わされる。この重ね合わされた光は、偏光の方位が直交しているためにそのままでは干渉縞を生じない。そのためさらに、重ね合わされた光は、偏光ビームスプリッタ 168 に対して光軸周りに 45 度回転した偏光ビームスプリッタ 169 を経由した後に干渉縞検出部 115 へ入射する。干渉縞検出部 115 上には干渉縞が形成され、該干渉縞の位相差に基づいて被検物の透過波面収差が算出される。

【0046】

次に、本実施形態に係る点回折型干渉計測装置の最も特徴的な部分について説明する。本実施形態に係る点回折型干渉計測装置において、1／2 波長板 166 は、回転機構 193 によって回転可能である。回転機構 193 が 1／2 波長板 1

66を回転させることにより、該1/2波長板166を出射する光の偏光方位を調節することができる。偏光ビームスプリッタは、光の偏光方位に応じた光量の比でP偏光とS偏光を分割する。これによって、偏光ビームスプリッタ167で分割されるS偏光（参照光用ピンホール129に入射する光）とP偏光（測定光）との光量比を調節することが可能となる。

【0047】

上述のように、参照光用ピンホール129を通過した光（参照光）は、ビームスプリッタ181を経由する。このとき参照光の一部は、該ビームスプリッタ181によって反射される。受光素子191は、この反射された参照光の一部を検出し、その光量を測定する。

【0048】

また、偏光ビームスプリッタ167を透過した光（測定光）は、ビームスプリッタ182を経由する。このとき測定光の一部は、該ビームスプリッタ182を透過する。受光素子192は、この透過した測定光の一部を検出し、その光量を測定する。

【0049】

演算制御部194は、受光素子191、192の測定結果に基づいて、参照光と測定光との光量比を計算する。そして演算制御部194は、参照光と測定光との光量比が所定の値となるように回転機構193によって1/2波長板166を回転させる。この演算制御部194による光量比の調節は、干渉縞のコントラストが極端に低下することを避けるため、所定のタイミングで自動的に行われる。この構成のため、参照光用ピンホール129に入射する光束の収差が大きく、参照光の光量が小さくなってしまう場合でも、測定光の収差によらず高コントラストの干渉縞を維持することができる。

【0050】

また本実施形態の好ましい態様では、偏光ビームスプリッタ167とビームスプリッタ182との間の光路中に、フィルタ等の光量調節部材を配置することが望ましい。測定光の光量が参照光の光量よりも大きい場合、この光量調節部材によって測定光の光量を所定の値まで抑えることが可能である。

【0051】

さらに、本実施形態に係る点回折型干渉計測装置は、光路分割を偏光ビームスプリッタによって行っている。しかし、光路分割をハーフミラーによって行う点回折型干渉計測装置においても、前述の光量調節部材を配置することによって参照光と測定光との光量比を調節することが可能である。

【0052】

また、本実施形態に係る点回折型干渉計測装置では、受光素子191、192によって参照光の光量と測定光の光量との両方を測定する構成としているが、これらのうちのいずれか一方の光量のみを測定する構成としても良い。さらに、参照光の光量と測定光の光量の測定を、干渉縞検出部115によって行う構成とすることも可能である。

【0053】

尚、上述の本実施形態の特徴的な構成は、上述の各実施形態及び後述の各実施形態に係る点回折型干渉計測装置に適用することが可能である。

【0054】

以上のように本実施形態に係る点回折型干渉計測装置では、上記各実施形態が奏する効果に加えて、高コントラストな干渉縞を容易に得られるという効果を奏する。

【0055】

また、上記各実施形態に係る点回折型干渉計測装置を用いることにより、投影レンズの波面収差を精度良く、かつ簡便に干渉計測することができる。これにより、高精度な投影レンズを製造することが可能である。

【0056】

(第5実施形態)

図5は本発明の第5実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。本実施形態に係る点回折型干渉計測装置は、第1実施形態に係る点回折型干渉計測装置（以下、「計測モード」という）による計測と第3実施形態に係る点回折型干渉計測装置（以下、「アライメントモード」という）による計測とを可能としたものである。

【0057】

図5に示すように本実施形態に係る点回折型干渉計測装置は、計測モードにおける測定光の光路と、アライメントモードにおける測定光の光路とが共通である。また、計測モードにおける参照光用ピンホール129から干渉縞検出部115までの参照光の光路と、アライメントモードにおける参照光用ピンホール129から干渉縞検出部115までの参照光の光路とが共通である。この構成の下、シャッタ151、152を交互に光路内に挿脱することによって計測モードとアライメントモードとを切り替えることができる。尚、計測モードによって計測する場合、シャッタ151を光路内へ挿入し、シャッタ152を光路外へ退避させる。また、アライメントモードによって計測する場合、シャッタ151を光路外へ退避させ、シャッタ152を光路内へ挿入する。

【0058】

上記第1実施形態において述べたように、計測モードでは被検物109を経由した光が参照光と測定光とに分割される。このため、被検物109を調整する際に参照光と測定光との両方が同時に変動する。従って、被検物109を経由しない光が参照光に変換されるために被検物109の調整に際して変動するのは測定光のみであるアライメントモードよりも、計測モードではさらに高精度な計測を行うことができる。以上より、第1実施形態に係る点回折型干渉計測装置（計測モード）は主として計測に使用する。

【0059】

また、上記第2実施形態において述べたように、アライメントモードでは参照光が常に干渉縞検出部に入射している。このため、被検物109を挿入すれば必ず何らかの干渉縞を観察することができ、計測に最適な干渉縞にするための被検物109のアライメント調整が容易である。以上より、第3実施形態に係る点回折型干渉計測装置（アライメントモード）は主として被検物109のアライメント調整に使用する。

【0060】

以下に、干渉計測と該干渉計測の前段階として行うアライメント調整との手順について詳細に説明する。上記構成の下、コントラストの良好な干渉縞を干渉縞

検出部 15 上に形成するため、以下の手順に従って被検物 109 のアライメント調整を行う。

【0061】

(手順)

(1) 計測モードにおいて、被検面(物)の代わりに折り返しミラー M を集光レンズ 108 と被検物 109 との間の光路内へ挿入する。

(2) コントラストが良好で、計測に最適な状態の干渉縞となるように、折り返しミラー M の位置を 3 次元的に調整する。

(3) 折り返しミラー M を光路外へ退避させ、被検物 109 を設置する。

(4) アライメントモードへ切り替える。このとき、常に何らかの干渉縞が現れるため、この何らかの干渉縞と計測に最適な状態の干渉縞との相違を解析しやすい。

(5) (4) において現れた干渉縞を解析することによって測定光と参照光との位相差中のパワー成分とチルト成分(アライメント情報)を求める。ここで、パワー成分とは被検物 109 が光軸方向にシフトした場合に変化する光束の広がりという。また、チルト成分とは被検物 109 の光軸に対する傾きをいう。

(6) (2) で調整した計測に最適な状態の干渉縞となるように、(5) で求めたアライメント情報(パワー成分とチルト成分)に基づいて折り返しミラー 110 を 3 次元的に調整する。

(7) 計測モードに切り替える。このとき、計測に最適な状態の干渉縞が現れるため、これを干渉計測する。これは、本実施形態に係る点回折型干渉計測装置において、計測モードにおける測定光の光路とアライメントモードにおける測定光の光路とが共通であるため、アライメントモードにおいてアライメント調整して得られた干渉縞は、計測モードに切り替えた際にもそのまま得ることができるためである。

【0062】

ここで、(1)、(2)、(3) は被検物 109 に関わらず装置に対して原則として一回だけ行えばよい。

【0063】

以上のように本実施形態に係る点回折型干渉計測装置では、計測モードにおける参照光用の光束を参照光用ピンホール 129 に入射させる際のアライメント調整を短時間且つ容易に行うことができ、また高精度な干渉計測を行うことができる。

【0064】

(第6実施形態)

図6は本発明の第6実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。本実施形態に係る点回折型干渉計測装置は、上記第4実施形態において光路分割を行っていたビームスプリッタに代えて偏光ビームスプリッタを備える構成としたものである。以下、本実施形態をアライメントモードで用いるときの構成を詳細に説明する。

【0065】

図6において、光源 101 から射出した紫外光の光束は、 $1/2$ 波長板 161 によって偏光の方位が回転され、偏光ビームスプリッタ 162 に入射する。ここで、 $1/2$ 波長板 161 は回転可能に構成されている。この $1/2$ 波長板 161 を回転させることにより、該 $1/2$ 波長板 161 を出射する光の偏光方位を調節することができる。これによって、偏光ビームスプリッタ 164 で分割される S 偏光（参照光用ピンホール 129 に入射する光）と P 偏光（測定光）との光量比を調節することが可能である。偏光ビームスプリッタ 162 に入射した光束のうちの P 偏光、S 偏光は、当該偏光ビームスプリッタ 162 によってそれぞれ透過、反射されて 2 つの光路に分割される。

【0066】

分割された 2 つの光束は、偏光ビームスプリッタ 163 によって再び重ね合わされて、光源用ピンホール 102 を照明する。該光源用ピンホール 102 を通過した光は、集光レンズ 103 と、折り曲げミラー 104 とを経由して、偏光ビームスプリッタ 164 へ入射する。偏光ビームスプリッタ 164 に入射した光は、該偏光ビームスプリッタ 164 によって偏光成分ごとに透過、又は反射される。

【0067】

偏光ビームスプリッタ 164 を透過した P 偏光の光束は、折り曲げミラー 10

6と、折り曲げミラー107とを經由した後、1/4波長板165に入射する。ここで、この光束は1/4波長板165によって円偏光に変換される。1/4波長板165を射出した円偏光は、集光レンズ108と、被検物109とを經由し、折り返し反射ミラー110によって反射される。この反射された光は、再び被検物109と、集光レンズ108とを經由した後、1/4波長板165へ入射する。ここで、この光束は偏光方位が90度回転した直線偏光に変換される。1/4波長板165を射出した直線偏光は、折り曲げミラー107と、折り曲げミラー106とを經由して偏光ビームスプリッタ164へ入射する。この直線偏光は偏光ビームスプリッタ164によって反射され、1/2波長板166によって偏光の方位が回転される。そしてこの光束は、偏光ビームスプリッタ167によって偏光成分ごとに透過、又は反射される。

【0068】

偏光ビームスプリッタ167を透過したP偏光の光束は、集光レンズ122と、開口絞り123と、コリメータレンズ124と、折り曲げミラー125とを經由して、偏光ビームスプリッタ168に入射する。

【0069】

一方、偏光ビームスプリッタ164によって反射されたS偏光の光束は、折り曲げミラー131と、折り曲げミラー132とを經由して1/2波長板170に入射する。ここで、この光束は1/2波長板170によって偏光の方位が回転される。そして、この光束は偏光ビームスプリッタ171を透過し、1/2波長板172に入射する。ここで、この光束は1/2波長板172によって偏光の方位が回転される。1/2波長板172を出射した光束は、集光レンズ128を介して参照光用ピンホール129に入射する。該参照光用ピンホール129を通過した光はコリメータレンズ130を經由して偏光ビームスプリッタ168に入射する。

【0070】

偏光ビームスプリッタ168に入射した2つの光束は、該偏光ビームスプリッタ168によって重ね合わされる。この重ね合わされた光は、偏光の方位が直交しているためにそのままでは干渉縞を生じない。そのためさらに、偏光ビームス

プリッタ 168 に対して光軸周りに 45 度回転した偏光ビームスプリッタ 169 を経由した後に干渉縞検出部 115 へ入射する。干渉縞検出部 115 上には干渉縞が形成され、該干渉縞の位相差に基づいて被検物の透過波面収差が算出される。

【0071】

尚、本実施形態に係る点回折型干渉計測装置を計測モードで計測する場合、シャッタ 151 を光路内へ挿入し、シャッタ 152 と 1/2 波長板 172 とを光路外へ退避させる。また、アライメントモードで計測する場合、上記のようにシャッタ 151 を光路外へ退避させ、シャッタ 152 と 1/2 波長板 172 とを光路内へ挿入する。

【0072】

また、本実施形態に係る点回折型干渉計測装置を計測モードで計測する際に、1/2 波長板 161 を回転（調整）することにより、光源 101 を出射した光束が光路長差補正部 H を経由しないようにすることによって光量のロスを軽減することが可能である。

【0073】

以上のように本実施形態に係る点回折型干渉計測装置は、光束の分割を偏光ビームスプリッタによって行っている。従って偏光を有効的に活用することにより、光量ロスのない、意図した光量比で光束を分割することができ、点回折型干渉計測装置における光量の向上を図ることができる。

【0074】

尚、本実施形態に係る点回折型干渉計測装置において、計測モードにおける参照光用ピンホールとアライメントモードにおける参照光用ピンホールとは、1つのピンホール 129 によって兼用される構成としている。しかし、これに限られるものでなく、計測モードとアライメントモードとにおいて各々異なる参照光用ピンホールを有する構成とすることもできる。

【0075】

（第 7 実施形態）

図 7 は、本発明の第 7 実施形態に係る投影露光装置の概略構成図である。本実

施形態に係る投影露光装置は、上記各実施形態に係る点回折型干渉計測装置を用いて製造された高精度投影レンズを、投影光学系として搭載するものである。

【0076】

本実施形態に係る投影露光装置は、少なくともウェハステージ401と、光を供給するための光源部200と、投影光学系600とを含む。ここで、ウェハステージ401は、感光剤を塗布した基板（ウェハ）Wを表面401a上に置くことができる。また、ステージ制御系400は、ウェハステージ401の位置を制御する。

【0077】

投影光学系600は、上述のように上記各実施形態に係る点回折型干渉計測装置を用いて製造された高精度投影レンズである。また投影光学系600は、レチクル（マスク）Rが配置された物体面P1と、ウェハWの表面と一致させた像面P2との間に配置される。さらに投影光学系600は、スキャンタイプの投影露光装置に応用されるアライメント光学系を有する。

【0078】

さらに照明光学系201は、レチクルRとウェハWとの間の相対位置を調節するためのアライメント光学系210を含む。レチクルRは、該レチクルRのパターンのイメージをウェハW上に投影するためのものであり、ウェハステージ401の表面401aに対して平行移動が可能であるレチクルステージ301上に配置される。そしてレチクル交換系300は、レチクルステージ301上にセットされたレチクルRを交換し運搬する。またレチクル交換系300は、ウェハステージ401の表面401aに対し、レチクルステージ301を平行移動させるためのステージドライバー（不図示）を含む。

【0079】

また、主制御部500は位置合わせから露光までの一連の処理に関する制御を行う。

【0080】

以上の構成により、高精度投影レンズを搭載した投影露光装置を実現することができる。

【0081】**【発明の効果】**

本発明により、光束を被検物の光学特性を計測する計測方法に用いられる参照光と測定光とに分離する際に生じるノイズ光を低減した点回折型干渉計測方法、点回折型干渉計測装置、該方法を用いて製造された高精度投影レンズ、及び該高精度投影レンズを搭載した投影露光装置を提供することができる。

【0082】

また本発明により、被検物を經由した参照光のアライメントを短時間で精度良く行うことができる点回折型干渉計測方法、点回折型干渉計測装置、該方法を用いて製造された高精度投影レンズ、及び該高精度投影レンズを搭載した投影露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の第1実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。

【図2】

本発明の第2実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。

【図3】

本発明の第3実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。

【図4】

本発明の第4実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。

【図5】

本発明の第5実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。

【図6】

本発明の第6実施形態に係る点回折型干渉計測装置の概略構成図である。

【図7】

本発明の第7実施形態に係る投影露光装置の概略構成図である。

【図8】

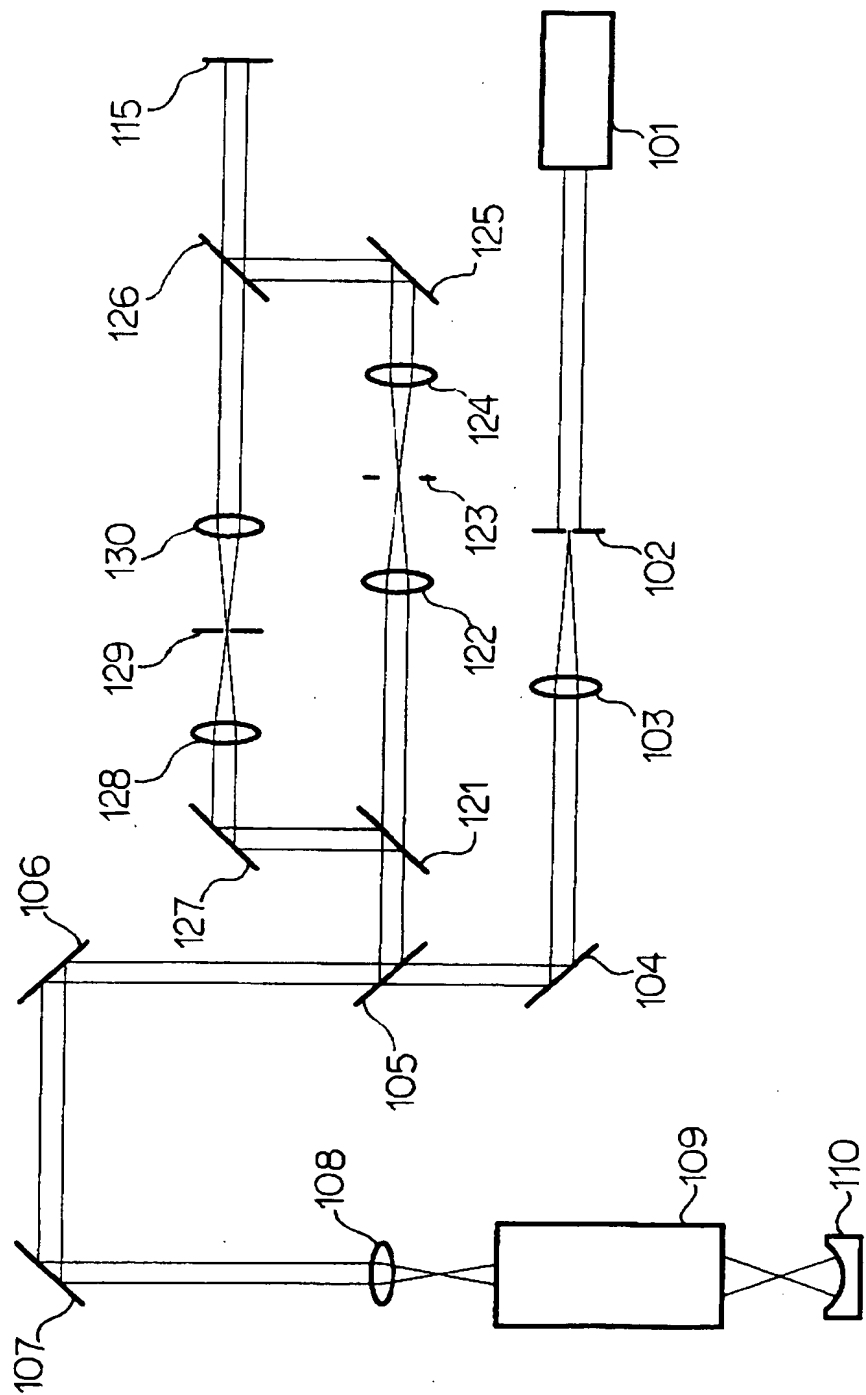
従来の点回折型干渉計測装置の概略構成図である。

【符号の説明】

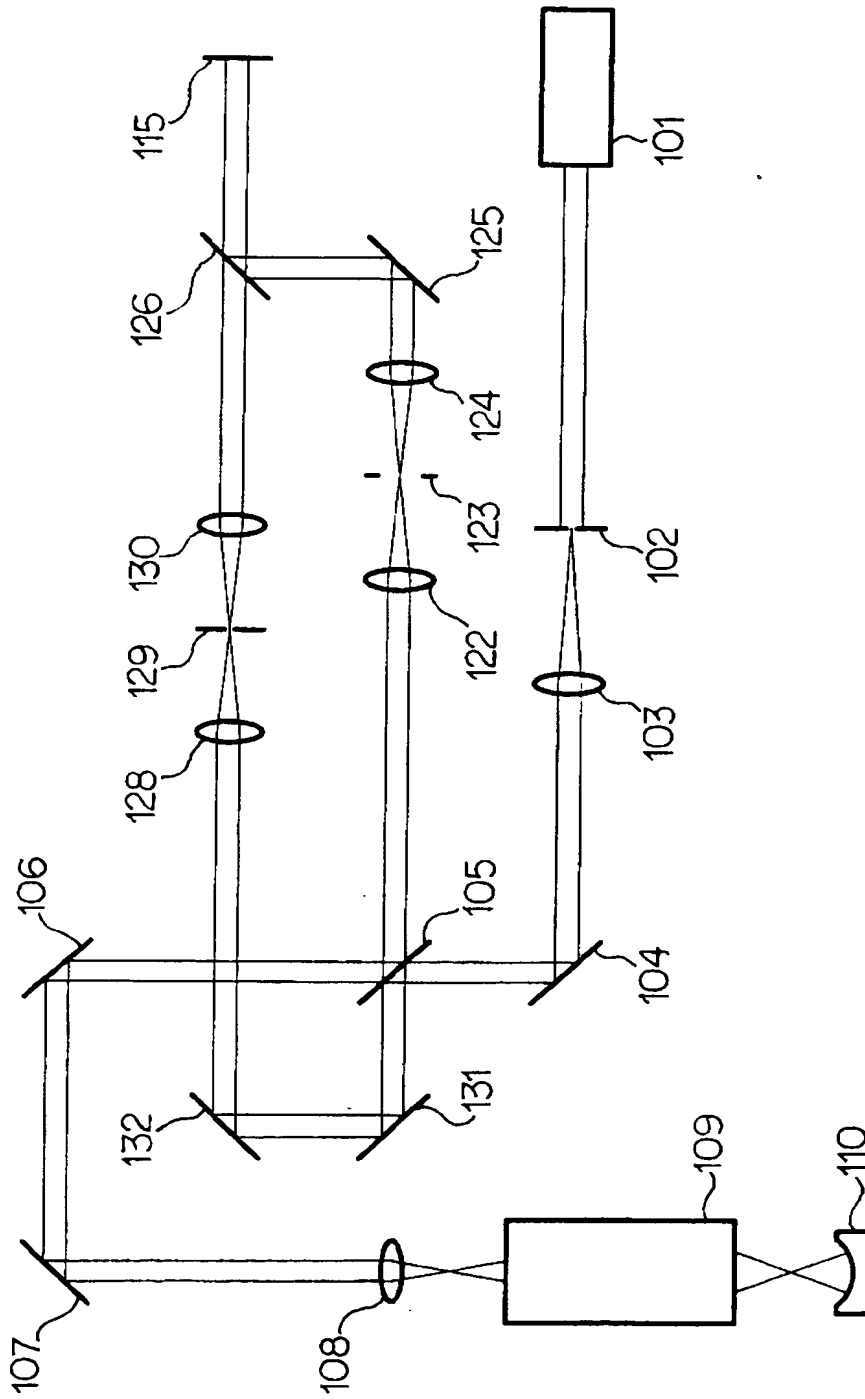
1, 101	光源
2, 13a	ピンホール
102	光源用ピンホール
129	参照光用ピンホール
3, 103	コリメータレンズ
4, 5, 181, 182	ビームスプリッタ
105, 121, 126	ハーフミラー
8, 108	集光レンズ
9, 109	被検物
10, 110	折り返し反射ミラー
12	回折格子
13b	ウィンドウ
15, 115	干渉縞観察手段
123	開口絞り
51, 52	シャッタ
161, 166, 170, 172	1/2波長板
165	1/4波長板
162, 163, 166, 167, 168, 179, 171	偏光ビームスプリッタ
191, 192	受光素子
193	回転機構
194	演算制御部
200	光源部
300	レチクル交換系
400	ステージ制御系
500	主制御部
W	基板 (ウェハ)
R	レチクル

【書類名】 図面

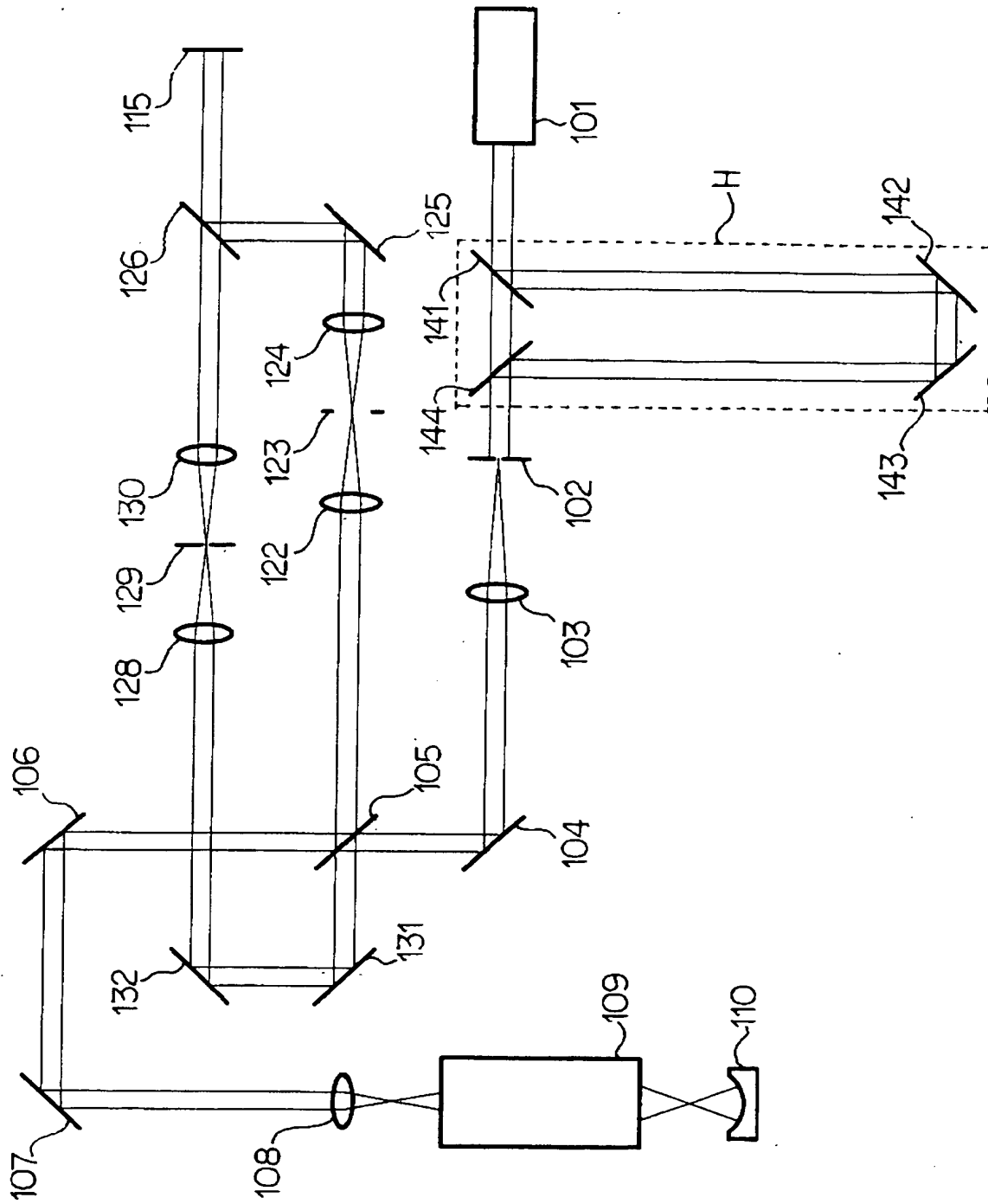
【図 1】



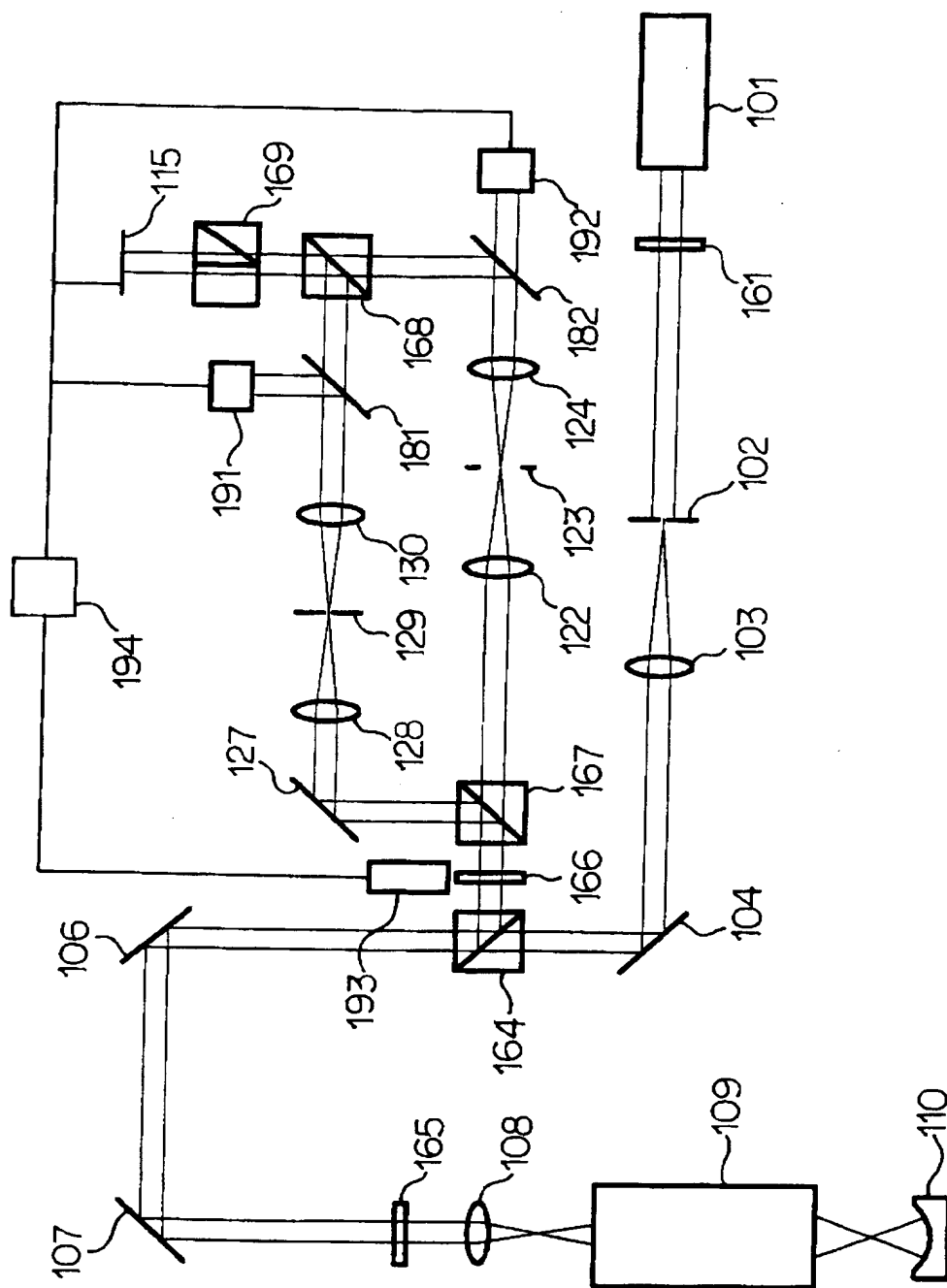
【図 2】



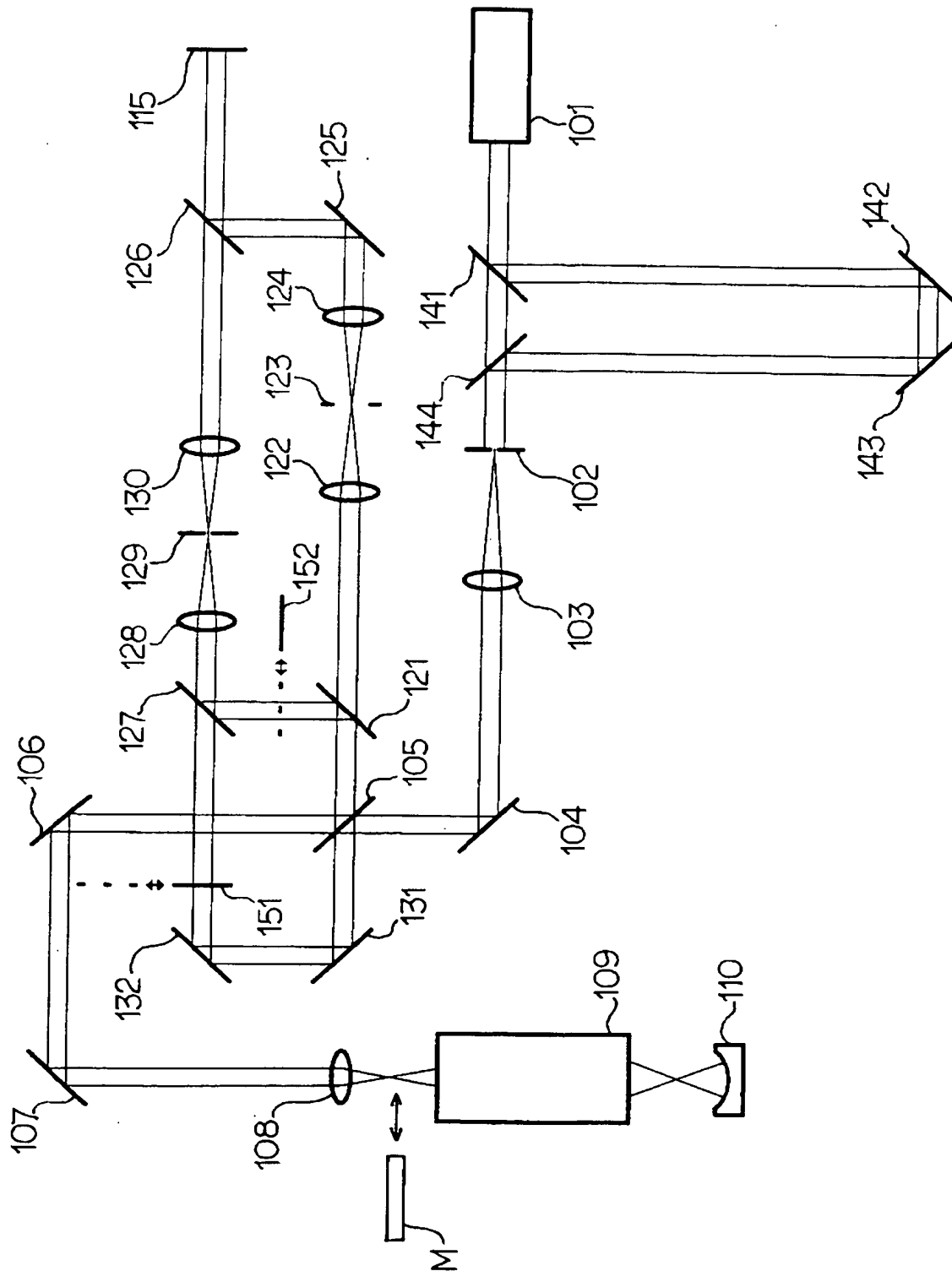
【図 3】



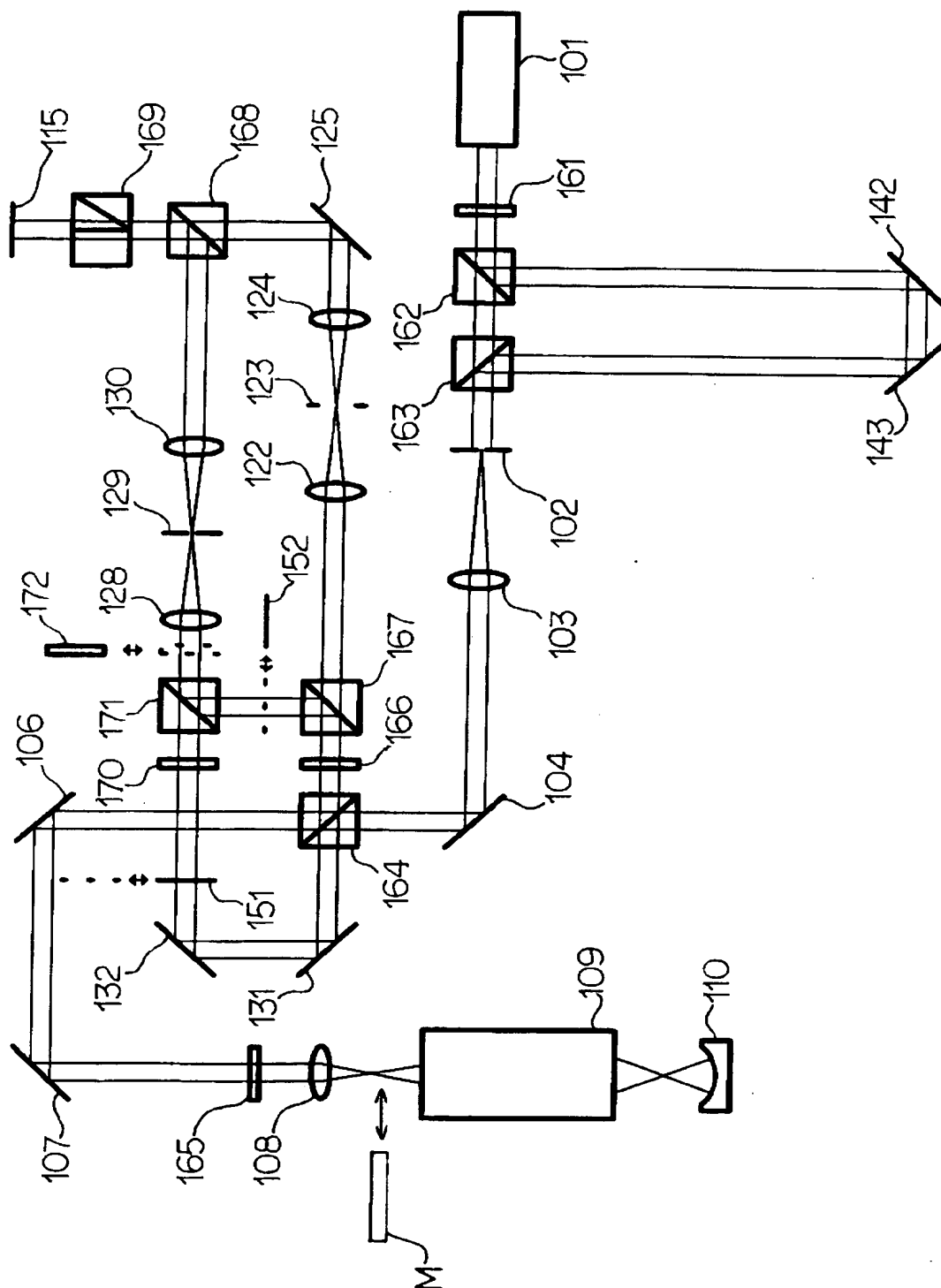
【図 4】



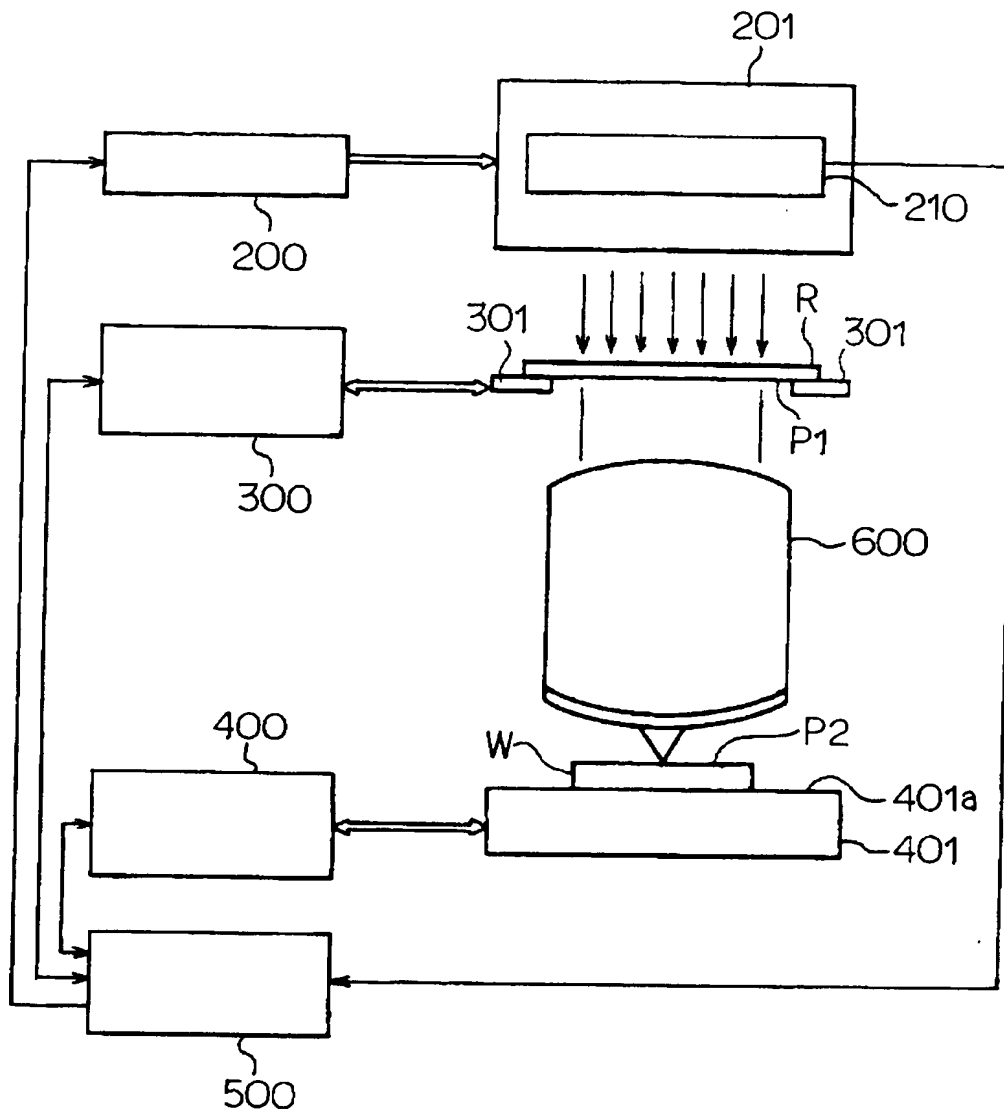
【図 5】



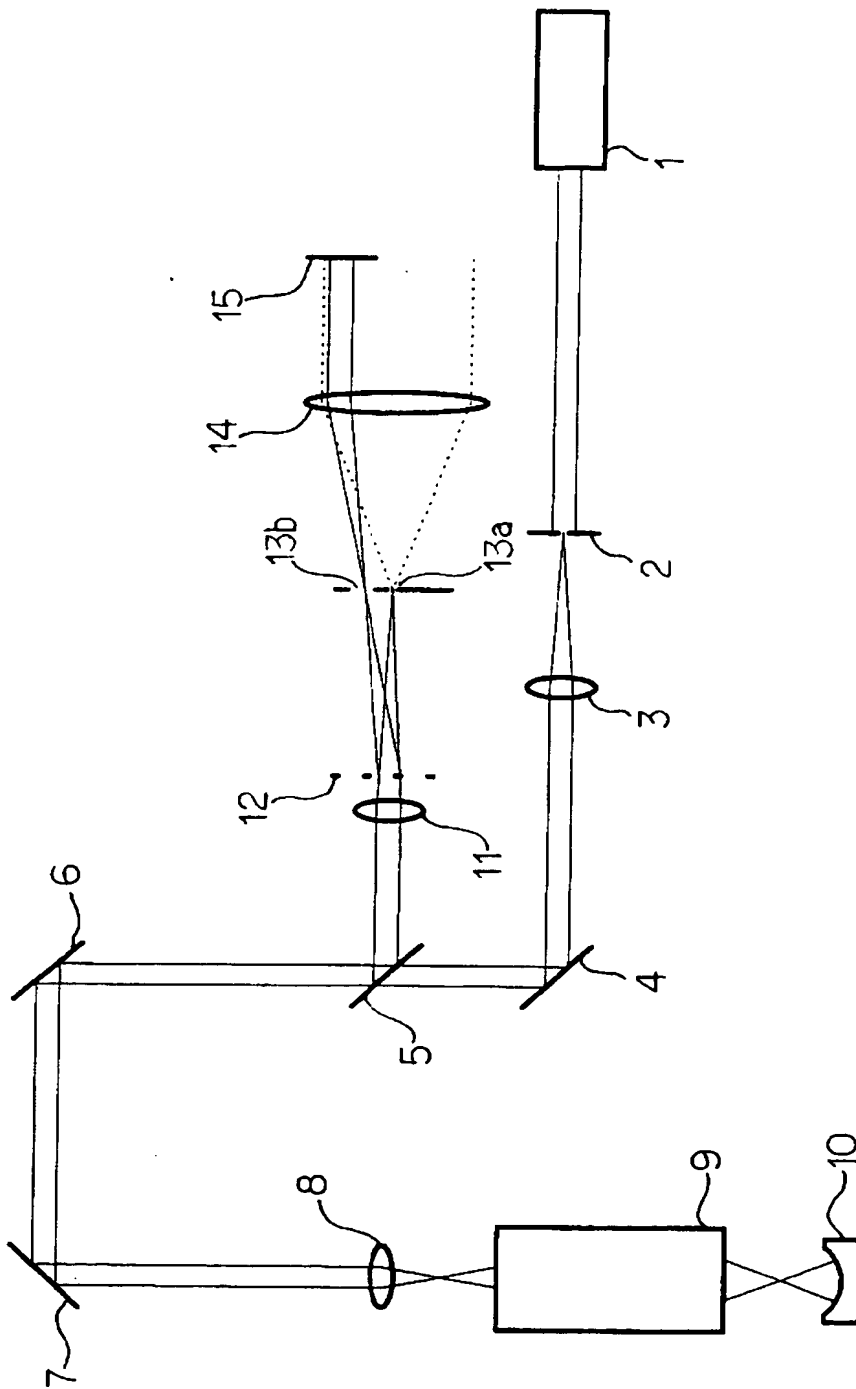
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 光束を参照光と測定光とに分離する際に生じるノイズ光を低減した点回折型干渉計測方法等を提供する。

【解決手段】 点光源生成手段 101, 102 を用いて略理想的な球面波を形成する工程と、前記球面波からなる光束を前記被検物 109 に経由させた後、該光束を光路分割素子 105 によって 2 つの光束へ分割する工程と、前記分割した光束のうちの一方の光束を、ピンホール 129 を通過させて略理想的な球面波である参照光へ変換する工程と、前記分割した光束のうちの他方の光束である測定光と前記参照光とを干渉させて生ずる干渉縞を干渉縞検出部 115 で検出する工程とを含むことを特徴とする。

【選択図】 図 1

特願 2001-297902

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004112]

1. 変更年月日

1990年・8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名

株式会社ニコン